中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 50(3): 33～39 (2001)

台南白玉米不同自交世代間F_1雜種產量的相關及其組合力之變化[1]

謝光照[2] 曾富生[3]

摘要：以台灣六個不同地區之台南白族群所分離之S_2、S_3、S_4及S_5世代之自交系，其個別世代內之半互交15個F_1，合計60個F_1雜種爲材料，探討自交的早期世代與較後世代間F_1雜種產量表現之相關及其遺傳組成分之變化。結果顯示，台南白S_2與S_5世代間之相關呈顯著，而S_3與S_4、S_3與S_5及S_4與S_5世代之F_1雜種間之相關，在生理成熟期之果穗乾重及籽粒乾重呈極顯著，表示在自交系的早期S_2世代，即可進行組合力檢定，淘汰大部份組合力較差之系統，而S_2世代在產量具有較佳之組合力者，其較後自交世代(S_5)之組合力表現與早期世代呈現一致趨勢。不同自交世代間F_1雜種其產量組合力表現的一致，可能與其自交系的一般組合力（累加性基因）有密切關係。

關鍵詞：台南白、玉米、自交系、F_1雜種、產量。

前　言

台灣鮮食用白玉米台南白爲一深受消費者喜愛的品種，爲從未經改良之天然授粉族群；且族群之變異性極大並可作爲適當的育種材料(13)。育種時經由自交育成自交系之過程，由自交系外表性狀的表現要直接預測F_1的表現爲育種家所關心的問題。Hong *et al.*(6)使用玉米自交系10個及其F_1雜種八個爲材料，探討自交系及F_1雜種在產量形成過程中，親子間之關係，認爲選拔自交系時，應以生育過程中具有較大的乾物重者，其F_1雜種可望得到較高產。Smith(15)的研究，認爲不論是以有親緣關係或無親緣關係的優良自交系當檢定親，其自交系本身產量的表現與其測交種產量間之相關性極低；而Samanci (12)研究自交系與F_1雜種間產量性狀的相關，得知其相關性極低，即表示不能由自交系本身的好壞、產量的高低等來推估F_1雜種之表現，必須由F_1雜種田間的試驗，才能確定其優劣。

自交系組合力的表現，必須經由頂交或測交來加以評估。Richey(11)與Payne and Hayes(10)等學者則認爲在S_1早期世代的檢定，不能作爲較後世代組合力之預估。Hallauer and Lopez-Perez(5)以未經改良的BSSS族群，利用單粒後裔法 (single seed descent)所培育出之S_1與S_8自交系，進行早期與較後世代測交種之遺傳相關之分析，結果發現隨所使用的檢定親之不同，呈現不穩定現象；顯然S_1世代檢測之結果會因檢定親的差異而不能保證其較後世代 (S_8) 之自交系同樣具有優良的組合力。而Jenkins(7)與Sprague (16)評估玉米自交系培育過程中，認爲自交系組合力的好壞，可在早期世代進行篩選。Jensen *et al.*(8)以優良自交系B77當檢定親，進行S_2與S_5測交種外表型之相關分析，發現兩者有密切關係。而Lile and

---

1行政院農業委員會農業試驗所報告第2077號。
2.本所農藝系副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3國立中興大學農藝系教授。臺灣省　臺中市。

Hallauer[9]由BS13(S_2)C_1與$BSCB_1$(R)C_7兩族群分離而來的S_2與S_8自交系，評估早期S_2世代測交種與S_8世代測交種間之相關，發現在籽粒產量相關達極顯著（0.86** 以上），故認爲S_2世代測交組合力檢定可用以推估較後自交世代組合力的好壞。

本研究之目的，(1)在評估台南白不同世代（S_2、S_3、S_4與S_5）自交系其F_1雜種間之產量相關性，以瞭解不同世代自交系組合力之表現；(2)比較不同世代間之自交系其遺傳組成份，瞭解是否隨自交世代之增加，而有所改變。

材料與方法

以台灣6個不同地區台南白族群 (B、D、E、F、G、H)，自交分離至S_2、S_3、S_4、S_5世代之自交系統各取一個[14]，組合成個別世代共四組半互交的15個F_1雜交種共60個爲材料。於1997年秋作，9月3日種植於雲林縣崙背鄉農田。田間排列爲RCBD設計，三重複，單行區，行長6m，行株距爲80 × 30cm。試驗區之公頃三要素肥料量爲N : P_2O_5 : K_2O = 200 : 90 : 60kg；基肥用量氮素60kg，磷肥90kg及鉀肥60kg/ha。其餘之氮素140kg則於玉米長至齊膝期時當追肥施用。其他田間管理按實際需要進行之。

農藝性狀之調查，包括生理成熟期果穗乾重及籽粒乾重。其調查方法乃每小區取樣5株，經70℃烘乾後，調查其重量，以g/5 plant表示。所得之數據先以SAS, General Linear Models Procedure進行變方分析及平均值顯著性比較；然後個別世代之半互交組合，再以Griffing[7]模式 I ，方法四進行一般及特殊組合力效應值之估算；另各世代間之F_1雜種則進行相關係數之分析。

結果與討論

玉米台南白族群在台灣不同地區間或同一地區族群內其農藝性狀存在著極大的變異[17]，爲一豐富的基因庫，且其在台灣一年四季皆可栽培，適應性及抗病蟲性均佳，實爲鮮食用白玉米的良好育種材料。

本試驗利用玉米台南白不同地區族群所選育之不同自交世代之自交系所雜交而來之F_1雜種，調查果穗乾重及籽粒乾重兩性狀，經變方分析之結果，顯示處理間、世代間、世代之雜種間、S_2、S_3、S_4及S_5不同世代內之F_1雜種間均達極顯著差異（表1），表示F_1雜種在世代間及同一世代內均存在極大的差異。6個不同地區自交系在不同自交世代之半互交F_1雜種之果穗乾重及籽粒乾重列如表2。由表2之

表1. 不同自交世代之F_1雜種其產量變方分析之均方值

Table 1. Mean squares in analysis of variance for yields of F_1 hybrids derived from different self-cross generations

Source	DF	Ear dry weight	Grain dry weight
Block	2	23	14
Treatment	59	242**	149**
Generations	3	1102**	780**
Hybrids within generations	56	196**	115**
Hybrids within S_2	14	292**	186**
Hybrids within S_3	14	120**	65**
Hybrids within S_4	14	215**	127**
Hybrids within S_5	14	158**	82**
Error	118	11	9

** Significant at 0.01 probability level.

表2. 不同自交世代及F_1雜種產量之平均數

Table 2. Means for yields of F_1 hybrids and generations obtained from different self-cross generations

Genotypes	Ear dry weight (g/5 plant)				Grain dry weight (g/5 plant)			
	S_2	S_3	S_4	S_5	S_2	S_3	S_4	S_5
B×D	660	658	571	703	586	576	526	621
B×E	676	775	721	828	590	678	638	718
B×F	801	683	626	778	703	600	558	681
B×G	650	811	745	865	546	696	601	711
B×H	770	713	775	851	665	606	661	743
D×E	721	790	788	813	635	683	703	715
D×F	760	600	635	755	649	538	568	676
D×G	846	736	753	823	723	626	643	711
D×H	821	726	728	768	693	635	640	680
E×F	701	765	728	813	605	666	626	718
E×G	936	760	791	958	790	678	656	798
E×H	876	790	848	886	768	725	736	783
F×G	903	760	613	825	763	651	553	688
F×H	710	675	581	730	603	588	503	635
G×H	935	833	765	950	775	738	651	795
Mean	784	738	711	823	673	645	618	711
$LSD_{0.05}$		53^z				50		
		23^y				18		

^{z} and ^{y} are the $LSD_{0.05}$ value of the hybrids and generations, respectively.

世代間F_1雜種之平均值相比較，顯示果穗乾重及籽粒乾重呈現$S_5 > S_2 > S_3 > S_4$趨勢。而不同世代的15個F_1雜種，其果穗乾重及籽粒乾重之表現，則由表中可看出E×G、E×H及G×H等三個組合，在S_2世代之表現最高，同樣在S_5世代時也類似。

由組合力變方分析比較，顯示所調查性狀之GCA及SCA均方在S_2、S_3、S_4、S_5世代均達極顯著差異，表示針對果穗乾重及籽粒乾重來講，不論S_2、S_3、S_4或S_5世代內，均由累加性 (GCA) 及非累加性基因 (SCA) 共同控制，且不同世代間均以累加性均方佔較大比例。果穗乾重及籽粒乾重其GCA / SCA均方比值呈現$S_5 > S_4 > S_3 > S_2$之趨勢，也就是隨著自交世代的增進，其累加性基因之重要性漸增（表3）。上述個別世代之半互交組合進行組合力分析，發現果穗乾重與籽粒乾重之遺傳組成分，呈現自交世代較大者（S_4及S_5），其GCA均方成分所佔比例比S_2及S_3世代大；相對的非累加性的SCA均方成分則降低其比例，此結果與Frascaroli and Landi(3)之試驗相類似，即隨自交世代之增加，其GCA均方之比例呈漸增加之趨勢。

再由親本之GCA效應值加以比較，可看出在S_2、S_3、S_4、S_5世代內，B、D、F三個自交系均呈現負效應值，相對的E、G及H三個則為正值或較小之負值居多，表示不同世代內親本GCA效應的表現趨勢頗為一致（表4）。由不同自交世代間F_1雜種SCA效應估值（表4），可看出不論是果穗乾重或者籽粒乾重在大部分之F_1雜種，其SCA效應之表現在不同自交世代間沒有規則可循。

由六個不同地區族群分離之S_2、S_3、S_4及S_5世代的自交系，其半互交組合而成的15個F_1雜種為材料，進行世代間相關性分析。由相關係數可以看出果穗乾重及籽粒乾重呈現S_2與S_5間之相關呈顯著，而S_3與S_4、S_3與S_5、S_4與S_5間之相關均達極顯著（表5）。顯示台南白自交系的組合力檢定雖然可

表3. 不同自交世代產量組合力變方分析之均方值

Table 3. Mean squares of ANOVA for F_1 hybrid yields combination from different self-cross generations

Source	DF	Ear dry weight	Grain dry weight
S_2GCA	5	15278**	7850**
SCA	9	6658**	5313**
Error	28	479	386
GCA/SCA		2.29	1.48
S_3GCA	5	8002**	3437**
SCA	9	1784**	1511**
Error	28	154	173
GCA/SCA		4.48	2.27
S_4GCA	5	14707**	8695**
SCA	9	3005**	1779**
Error	28	308	252
GCA/SCA		4.89	4.88
S_5GCA	5	12501**	5667**
SCA	9	1263*	1106**
Error	28	438	348
GCA/SCA		9.89	5.12

*, ** Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

表4. 由四個不同自交世代間各世代之全互交組合所估得之一般及特殊組合力估值

Table 4. Estimate values of the general and specific combining ability effects for yields measured in diallel crosses set of 15 F_1 hybrids combination from different self-cross generations

Genotypes	Ear dry weight (g/5 plant)				Grain dry weight (g/5 plant)			
	S_2	S_3	S_4	S_5	S_2	S_3	S_4	S_5
Inbred lines				GCA				
B	-91.4	-12.7	-29.4	-22.5	-68.5	-15.4	-25.8	-20.6
D	-28.4	-45.2	-20.3	-63.3	-19.6	-30.0	-22.1	-38.6
E	-2.7	46.8	80.1	45.8	15.6	37.9	67.9	43.4
F	-11.7	-52.3	-93.2	-53.7	-10.4	-33.8	-70.0	-39.8
G	86.9	52.2	27.6	76.3	58.1	27.9	24.2	36.4
H	47.3	11.4	35.1	17.5	34.8	13.3	25.8	19.3
Hybrids				SCA				
B×D	-5.0	-22.1	-90.1	-34.1	1.6	-23.9	-63.4	-30.9
B×E	-14.0	2.4	-40.5	-18.3	-20.2	9.8	-21.7	-16.2
B×F	119.9	9.9	37.7	31.2	109.1	3.1	36.1	30.3
B×G	-130.0	33.6	35.2	-12.0	-116.0	38.1	5.3	-15.9
B×H	29.3	-23.6	57.7	33.3	25.5	-27.2	43.6	32.8
D×E	-32.1	49.9	16.9	7.5	-24.1	39.4	19.5	-1.7
D×F	15.9	-40.9	36.9	48.7	5.9	-33.9	22.4	43.2
D×G	3.3	-8.8	34.4	-12.9	11.6	-7.2	23.2	1.9
D×H	17.9	22.0	1.9	-9.1	4.9	25.6	-1.7	-12.5
E×F	-68.7	32.0	29.8	-2.0	-63.3	26.5	10.7	2.8
E×G	67.6	-77.5	-27.6	12.9	53.0	-73.5	-33.4	6.6
E×H	47.2	6.7	21.5	0.0	54.7	-2.2	24.9	8.4
F×G	43.3	21.5	-32.6	-20.8	42.4	21.5	1.1	-20.1
F×H	-110.4	-22.5	-71.8	-57.0	-94.1	-17.2	-70.5	-56.3
G×H	15.9	31.1	-9.3	32.9	8.9	21.0	3.6	27.4

表5. 不同自交世代F_1雜種間產量平均值、一般 (GCA) 及特殊組合力 (SCA) 效應值之相關係數

Table 5. Correlation coefficients of mean, general (GCA) and specific combining ability (SCA) of yields among different self-cross generations

Characters	$S_{2/3}$	$S_{2/4}$	$S_{2/5}$	$S_{3/4}$	$S_{3/5}$	$S_{4/5}$
	Correlation coefficients					
Ear dry weight	0.26[z]	0.33	0.61*	0.69**	0.75**	0.76**
	0.58*[y]	0.49	0.46	0.87**	0.98**	0.79**
	-0.28[w]	0.16	0.53	0.13	-0.14	0.68**
Grain dry weight	0.31	0.37	0.60*	0.68**	0.75**	0.79**
	0.68**	0.58*	0.72**	0.94**	0.99**	0.93**
	-0.35	0.37	0.54	0.28	-0.17	0.77**

*, ** Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

[z], [y] and [w] are the correlation coefficients of F_1 mean, sum of GCA effects of the parents, and SCA, respectively.

在S_2早期世代即進行，但由其相關程度知，應以S_3世代檢定之結果較為可靠，同時其較後自交世代之組合力也較一致。本試驗之結果，顯示六個不同地區之台南白自交系間其組合力的大小，雖在自交早期 (S_2) 世代即可獲知，但以S_3世代檢定較適宜；同時在S_3世代進行測交組合力檢定之結果與較後世代自交系之組合力的表現一致，與Jensen *et al.*[12]、Lile and Hallauer[13]之結果相符。同樣Bernardo[2, 3]的研究也認為在自交二次之S_2自交系，進行測交組合力檢定後所選留者，在其自交的較後世代，仍可維持其組合力的表現。但上述學者之報告均未明確指出不同自交世代間其組合力表現的一致性，係由一般組合力或特殊組合力所控制，因此有必要加以探究。

不同自交世代間F_1雜種之一般組合力（其親本自交系的一般組合力效應值之和）的相關係數列如表5，由表可看出在果穗乾重方面，在S_3與S_4、S_3與S_5 S_4與S_5均呈現極顯著相關；而在籽粒乾重方面，則所有自交世代間皆達顯著以上相關，此即表示不同自交世代間F_1雜種籽粒乾重平均值的表現與其不同自交世代間之F_1雜種的一般組合力效應值 (GCA) 的表現是一致的。再分析不同自交世代間F_1雜種籽粒乾重的特殊組合力效應值之相關係數（表5），則顯示在不同世代間，除了S_4與S_5達顯著外，其餘皆無相關存在。由本研究特殊的交配設計可以很明確的獲知台南白籽粒產量在早期自交世代其組合力的大小，在其自交的較後世代中仍可維持其組合力的表現；而且其不同自交世代間平均值的相關性與一般組合力 (GCA) 的相關性有明顯的一致性存在。

綜觀之由平均值的相關係數可以看出籽粒乾重呈現S_2與S_5間之相關達顯著，而S_3與S_4、S_3與S_5、S_4與S_5間之相關均呈極顯著；而自交系之GCA效應值也顯示不同世代自交系其GCA效應之相對大小，在不同世代間呈現穩定的現象，且在不同自交世代間F_1雜種之GCA效應值的相關係數亦均達顯著；但不同自交世代間F_1雜種之SCA效應值，在大部分組合則沒有固定的趨勢存在。因此認為台南白不同自交世代間之F_1雜種產量具有顯著的相關性，可能與其累加性成分 (GCA) 有密切關係存在。

引用文獻

1. Bernardo, R. 1991. Correlation between testcross performance of lines at early and late selfing generations. Theor. Appl. Genet. 82: 17-21.

2. Bernardo, R. 1992. Retention of genetically superior lines during early-generation testcrossing of maize. Crop Sci. 32: 933-937.

3. Frascaroli, E., and P. Landi. 1994. Physiological traits in maize as affected by recurrent selection for grain yield and by

inbreeding. Maydica 39: 141-147.

4. Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9: 463-493.
5. Hallauer, A. R., and E. Lopez-Perez. 1979. Comparison among tester for evaluating lines of corn. Proc. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf. 34: 57-75.
6. Hong, M. C., F. S. Thseng and H. Tu. 1983. Relationship between inbred lines and hybrid in yield formation of maize. J. Agric. and Forestry 32(1): 65-72.
7. Jenkins, M. T. 1935. The effect of inbreeding and of selection within inbred lines of maize upon the hybrids made after successive generation of selfing. Iowa State Coll. J. Sci. 3: 429-450.
8. Jensen, S. D., W. E. Kuhu and R. L. McConnell. 1983. Combining ability studies in elite U.S. maize gerplasm. Proc. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf. 38: 87-96.
9. Lile, S. M., and A. R. Hallauer. 1994. Relation between S_2 and later generation testcrosses of two corn populations. Jour. Iowa Acad. Sci. 101: 19-23.
10. Payne, K. T., and H. K. Hayes. 1949. A comparison of combining ability in F_3 and F_2 lines of corn. Agron. J.41: 383-388.
11. Richey, F. D. 1945. Isolating better foundation inbreds for use in corn hybrids. Genetics 30: 455-471.
12. Samanci, B. 1996. Phenotypic correlations between maize inbreds and their single crosses hybrids in short season areas. Euphytica 89: 291-296.
13. Shieh, G. J., and F. S. Thseng. 1998a. Variation of the agronomic characters of different Tainan-White maize populations in Taiwan. Jour. Agric. Res. China 47(3): 204-219.
14. Shieh, G. J., and F. S Thseng. 1998b. Development and evaluation of inbred lines derived from Tainan-White maize population. Jour. Agric. Res. China 47(4): 327-337.
15. Smith, O. S. 1986. Covariance between lines *per se* and testcross performance. Crop Sci. 26: 540-543.
16. Sprague, G. F. 1946. Early testing of inbred lines of corn. J. Am. Soc. Agron. 38:1 08-117.

The Combining Ability and Relation on Yield among Different Generations of F_1 Hybrid of Tainan-White Maize (*Zea mays* L.) Inbred Lines [1]

Guang-Jauh Shieh[2] and Fu-Sheng Thseng[3]

Summary

The objective of this study was to determine if the combining ability of inbred lines derived from six Tainan-white (TNW) populations at early generation (S_2) of inbreeding were similar to that at later generations. The selfing lines (S_2 to S_5) were crossed following a half-diallel mating design and produced 15 F_1 hybrids for each generation. A total of 60 hybrids were planted at Lunpei in fall crop season of 1997, to determine the correlation between S_2 and advanced generations in phenotypic expressions, and to compare the combining abilities of inbred lines among different generations. The result showed that the heterotic pattern and combining ability in the early generation (S_2) were similar to that in advanced generations. There existed significant correlations between the hybrids derived from the S_2 and S_5 generation for ear dry weight and grain dry weight in maturity. It indicated that the yield ability of S_5 hybrids could be precisely predicted from that of S_2 hybrids. Thus it suggests that early testing was effective for predicting the combining abilities expressed at later inbreeding generations. It was also that the additive effects (GCA effect) of inbred lines maybe a main contribution to the relationships between the S_2 to S_5 generation hybrids for ear dry weight and grain dry weight.

Key words : Tainan-white, Maize, Inbred lines, F_1 hybrids, Yield.

1.Contribution No.2077 From Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.
2. Associate Agronomist, Department of Agronomy, TARI. Council of Agriculture, Wufeng, Taichung, Taiwan.
3. Professor, Department of Agronomy, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan.